

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E ESCALAS DE INFORMAÇÃO DO RELEVO NA CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELotas

ZANDRA ALMEIDA DA CUNHA¹; MAÍRA MARTIM DE MOURA²; CRISTIAN LARRI VEBER³; FABRÍCIO DA SILVA TERRA⁴; SAMUEL BESKOW⁵

¹Discente UFPel/Engenharia Hídrica – zandra.cunha@ufpel.edu.br

²Discente UFPel/PPG Recursos Hídricos – martim.moura@ufpel.edu.br

³Discente UFPel/PPG Recursos Hídricos – cristian.veber@hotmail.com

⁴Docente UFPel/Engenharia Hídrica – fabricio.terra@ufpel.edu.br

⁵Docente UFPel/Engenharia Hídrica – samuel.beskow@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A observação por meio de imagens de satélites aliada ao geoprocessamento em ambientes de sistema de informação geográfica (SIG) é uma das maneiras mais efetivas e econômicas de estudar alguns fenômenos espaciais da natureza, permitindo a coleta de dados para modelagem de alterações tanto no meio natural quanto no construído (MENDES; CIRILO, 2001).

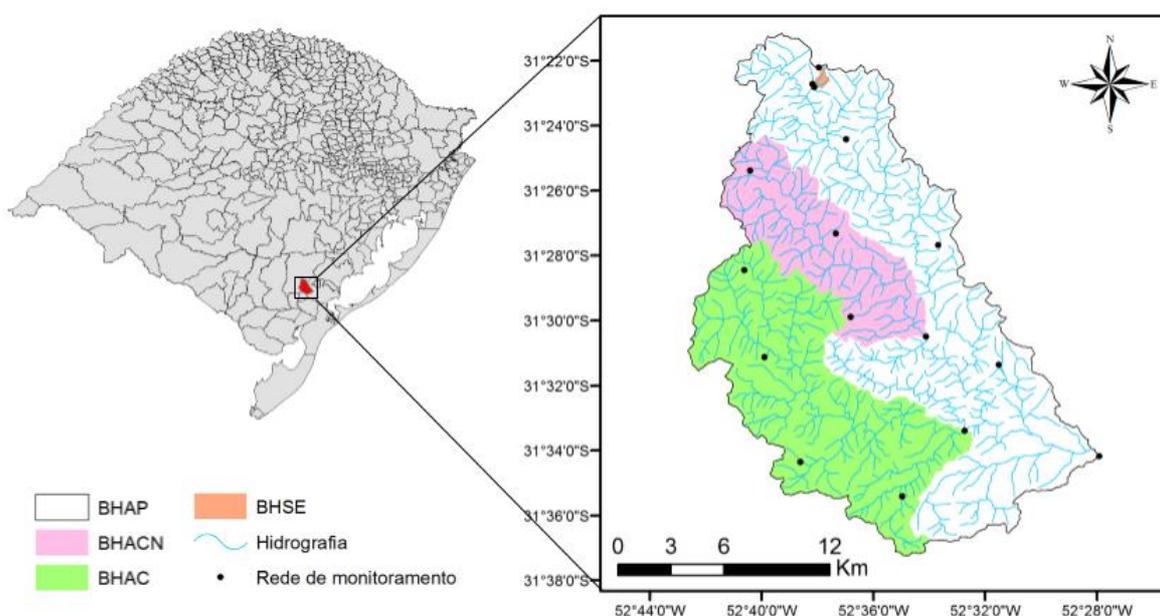
A geração de modelos digitais de elevação (MDE's) com base em imagens de sensores remotos vem possibilitando a análise das características geomorfológicas em bacias hidrográficas (BH's). Segundo FREIRE et al. (2013), este é um processo de grande importância para um melhor entendimento da dinâmica dos recursos hídricos, uma vez que as características físicas e bióticas de uma bacia exercem relevante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando a quantidade de água produzida como o escoamento superficial e subsuperficial, por exemplo. No Brasil, a fonte de dados mais comum para a geração de MDE's ainda são as curvas de nível e pontos de altitude conhecida e, de forma complementar, a rede hidrográfica, obtidas em cartas topográficas, geralmente elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Entretanto, as escalas disponíveis normalmente não são adequadas para estudos mais detalhados e, por esta razão, dados oriundos de imagens de sensores remotos estão sendo cada vez mais utilizados para a geração desses modelos (CHAGAS et al., 2010).

Dentre as imagens de sensores remotos disponibilizadas de forma gratuita, podemos destacar as da missão *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) com resoluções espaciais de 90 m e 30 m. Com base nos dados SRTM de 90 m, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) realizou um processo de interpolação de dados pelo método de krigagem e disponibilizou a base de dados com discretização espacial de 30 m, realizando correções em informações de pontos/áreas anteriormente com ausência de dados (VALERIANO; ROSSETTI, 2010).

Tendo em vista a importância da correta delimitação e caracterização de bacias hidrográficas para a condução de estudos pertinentes à modelagem hidrológica, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da fonte e da resolução espacial do MDE na delimitação automática e nas características geomorfológicas de bacias hidrográficas de diferentes tamanhos. A hipótese inicial do presente trabalho é que a fonte e a escala de informações do relevo exercem influência na caracterização geomorfológica de bacias hidrográficas.

2. METODOLOGIA

As três sub-bacias (Figura 01) da bacia hidrográfica do arroio Pelotas utilizadas neste estudo foram a bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC), bacia hidrográfica do arroio Caneleira (BHACN) e a bacia hidrográfica da sanga do Ellert (BHSE), as quais são monitoradas pelo Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica/CNPq. A BHAP está localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul, possui área total de aproximadamente 940 km² e abrange parte dos municípios de Pelotas, Canguçu, Morro Redondo e Arroio do Padre.



O MDE derivado da base cartográfica do Rio Grande do Sul, na escala de 1:50.000, foi considerado como verdade para a BHAC e para a BHACN, e o MDE derivado do levantamento topográfico com estação total em 1.000 pontos, para a BHSE, adotando resolução espacial de 25 m e 01 m, respectivamente. As demais fontes de relevo utilizadas foram os MDE's SRTM, de 30 m e 90 m, e TOPODATA. Todos os dados foram georreferenciados utilizando o sistema de projeção cartográfica UTM e datum SIRGAS 2000.

A delimitação automática das bacias foi realizada no software ArcGIS e seguiu a metodologia descrita por MARTINS et al. (2011), subdividida em quatro principais etapas: preenchimento de depressões ("fill sinks"), direção de fluxo ("flow direction"), fluxo acumulado ("flow accumulation") e delimitação automática de bacias ("Watershed").

As características geomorfológicas analisadas foram área, altitude máxima e mínima, as quais foram extraídas de cada uma das fontes analisadas, mantendo a resolução espacial inicialmente definida. Contudo, para fins de comparação de fluxo acumulado, direção de fluxo e análise estatística, para cada uma das bacias, todos os MDE's foram gerados, também, resolução espacial de 30 m.

Segundo THOMPSON et al. (2001), para avaliar um MDE, o ideal é confrontar uma amostra de pontos do MDE de interesse com uma fonte de dados de maior acurácia (valores considerados reais). Deste modo, a fim de avaliar o desempenho dos MDE's de estudo, foram utilizados os índices de correlação, erro médio absoluto (MAE) e a raiz do erro médio quadrático (RMSE), obtidos a partir do software R. Para ambos os índices, quanto mais próximo de zero o seu valor,

melhor o desempenho do MDE de interesse em relação ao de feição real do relevo (CHAGAS et al., 2010; FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da metodologia apresentada para delimitação automática das bacias estudadas, os MDE's gerados a partir do SRTM resultaram na subestimativa de 11,5% na área de drenagem da BHAC e BHACN em relação ao MDE gerado pelas cartas. Contudo, os diferentes MDE's originárias do SRTM apresentaram valores de área próximos entre si.

Foram encontradas algumas dificuldades na delimitação automática para a BHSE, podendo ser atribuído à sua área que é muito pequena frente à resolução espacial utilizada (30 m). O MDE SRTM 90 m apresentou a maior discrepância de área em relação à fonte verídica considerada (aproximadamente 68%), enquanto que as cartas de escala 1:50.000 apresentaram o valor mais próximo, com cerca de 31% de diferença. De forma semelhante às demais bacias, os valores dos MDE's estudados superestimaram a fonte de maior acurácia e, o SRTM 30 e o TOPODATA aproximaram-se entre si, como nas demais bacias.

Os MDE's apresentaram correlação de 0,97 para a BHAC e para a BHSE, e de 0,98 para a BHACN, indicando proximidade das fontes. É possível perceber, a partir dos índices estatísticos apresentados na Tabela 01, que os MDE's resultantes do SRTM e TOPODATA apresentaram valores semelhantes de MAE e RMSE, enquanto que as cartas apresentaram valores relativamente discrepantes em relação aos mesmos.

Tabela 01 – Valores de MAE e RMSE obtidos para as sub-bacias de estudo

Fonte de Relevô	BHAC		BHACN		BHSE	
	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE
SRTM 30	10,656	17,556	12,371	16,197	6,959	7,774
SRTM 90	10,901	17,808	12,426	16,359	6,922	7,958
TOPODATA	10,034	17,080	11,973	15,808	6,413	7,619
CARTAS	-	-	-	-	22,494	23,358

Sendo o MAE a média do afastamento dos valores contrapostos e o RMSE um indicativo das diferenças individuais entre as amostras (CHAGAS et al., 2010), pode-se inferir que os valores altitude diferiram do "valor real" de forma considerável nas análises deste estudo e que, todas as fontes provenientes da missão SRTM apresentaram, em média, valores de altitudes superiores aos da "altitude real", com valores médios próximos a 10.5, 12.3 e 6.7 m, respectivamente, para BHAC, BHACN e BHSE.

Os valores de RMSE obtidos foram semelhantes entre si e corroboraram com recentes estudos comparando SRTM (LI et al., 2013; SHAFIQUE; VAN DER MEIJDE, 2014; SHARMA; TIWARI, 2014) com fontes de maior acurácia.

No caso da BHSE, os valores de MAE e RMSE obtidos para as cartas topográficas apresentaram-se discrepantes em relação aos dados SRTM (Tabela 01). As diferenças de atitudes mínimas e máximas divergiram em aproximadamente 20 m, o que resultaria em índices mais elevados. Além disso, o tamanho da bacia pode ter grande influência nos resultados, pois, segundo LIU et al. (2014), quanto maior o número de pixels analisados, mais confiável são os resultados obtidos para medidas de precisão RMSE.

4. CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas, consta-se que, em geral, dados de relevo provenientes do TOPODATA apresentam menores erros em relação aos MDE's oriundos das cartas (BHAC e BHACN) e do levantamento topográfico (BHSE). Observa-se, também, que MDE's com baixa resolução espacial interferiram na caracterização geomorfológica da pequena bacia hidrográfica analisada, o que pode vir a influenciar no ajuste e/ou aplicação de modelos hidrológicos.

Todavia, é importante ressaltar que outros parâmetros de grande importância devem ser analisados para maior acurácia dos resultados, tais como as leis de Horton, comprimento e ordem da rede de drenagem e declividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; ROCHA, M. F.; CARVALHO JÚNIOR, W.; SOUZA NETO, N. C. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.218-226, 2010.
- FERREIRA, S.P. **Estudo comparativo do pós-processamento estatístico aplicado ao modelo BRAMS**. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- FREIRE, A. J. LAGE, G. B.; CHRISTÓFARO, C. Comparação entre parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas gerados por dados SRTM e ASTER GDEM: estudo de caso para bacias do Vale do Jequitinhonha-MG. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Foz do Iguaçu, PR, 2013. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2013.
- LI, S.; SUN, D.; GOLDBERG, M.; STEFANIDIS, A. Derivation of 30-m-resolution water maps from TERRA/MODIS and SRTM. **Remote Sensing of Environment**, v. 134, p. 417–430, 2013.
- LIU, X.; LI, J.; LI, X.; WANG, Q.; ZHANG, L.; LIAO, W. Digital drainage network model of ebinur lake basin of bortala mongol autonomous prefecture based on DEM data. **Applied Mechanics and Materials**, v. 522-524, p.1161– 1165, 2014.
- MARTINS, V.S.; GUEDES, H.A.S.; CAPOBIANGO, G.V.; SILVA, D.D. A importância do condicionamento hidrográfico no estudo morfométrico de bacias. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Curitiba. **Anais...** INPE, 2011, p. 5418-5425.
- MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1.ed., 2001. 536p.
- SHAFIQUE, M., VAN DER MEIJDE, M. Impact of uncertainty in remote sensing DEMs on topographic amplification of seismic response and V_s^{30} . **Arab J. Geosci**, v. 8, n.4, 2014.
- SHARMA, A.; TIWARI, K.N. A comparative appraisal of hydrological behavior of SRTM DEM at catchment level. **Journal of Hydrology**, v. 19, p.1394–1404, 2014.
- THOMPSON, J.A.; BELL, J.C.; BUTLER, C.A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modelling. **Geoderma**, v.100, p.67-89, 2001.
- VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. **Topodata**: seleção de coeficientes geoestatísticos para refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (Boletim). 2010. 74p.